

循环半干法脱硫在燃煤电厂中的几个设计问题分析

杨江, 王少权, 顾亚萍, 杨永栋, 方培根, 朱铭

(浙江菲达环保科技股份有限公司, 浙江诸暨 311800)

摘要:通过典型工程比较,就循环半干法脱硫系统中出现的几个设计问题进行具体分析,并提出改进方案。认为对各系统设备进行必要的优化设计是循环半干法脱硫顺利调试运行的可靠保证。

关键词:循环半干法脱硫;设计;分析

中图分类号:X701

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2010)03-0045-04

SEVERAL PROBLEMS'S ANALYSIS OF RECYCLE SEMI-DRY DESULFRIZATION SYSTEM IN COAL-FIRED POWER PLANTS

YANG Jiang, WANG Shao-quan, GU Ya-ping, YANG Yong-dong, FANG Pei-gen, ZHU Ming

Abstract: This paper, through the analysis of the typical project, we have a detailed analysis of several problems in recycle semi-dry desulfurization system and propose solutions. It's necessary for all of the equipments to optimize design if we should operate the system normally.

Keywords: recycle semi-dry desulfurization; improved design; analysis

随着我国经济的快速发展和电能需求的不断增加,燃煤电厂含SO₂废气的排放量也呈逐年上升趋势,已成为大气污染的主要原因之一,而烟气脱硫是削减SO₂排放量无可替代的技术。半干法烟气脱硫工艺与传统的湿法烟气脱硫工艺相比具有投资费用低、能耗小、脱硫产物为干态且易于处理等优点^[1]。因此已成为国家重点推广的脱硫技术之一。

循环半干法烟气脱硫工艺系统尽管优点多,但系统复杂,在系统设计方面要充分进行优化设计,并考虑设计裕量、对锅炉本体影响及检修方便等问题,往往由于设计不完善为后期系统的调试

运行加大了难度或达不到预期效果。本文将通过典型工程实例就循环半干法脱硫工艺应用在燃煤电厂中的几个设计问题进行具体分析,并提出解决方案,为脱硫系统设计人员提供一定的技术参考。

1 循环半干法脱硫工艺简介

循环半干法脱硫技术以生石灰或消石灰作为吸收剂,与除尘器捕集下来的具有一定碱性的循环飞灰混合增湿后注入反应器,使之均匀地分布于热态烟气中。此时,吸收剂表面水分被蒸发,烟气得到冷却,但湿度增加,烟气中的SO₂、HCl等酸性组分被Ca(OH)₂吸收生成CaSO₃·1/2H₂O和CaCl₂·4H₂O。被除尘器捕集下来的脱硫终产物和未反应完全的吸收剂再部分注入混合增湿装置,

并补充新鲜吸收剂后进行再循环,从而大大提高了反应器烟道中的Ca/S比以及吸收剂的利用率。其工艺流程见图1。

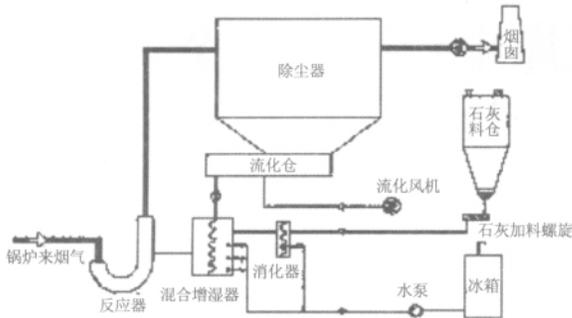


图1 典型的循环半干法烟气脱硫工艺流程

2 工程实例概况

某热电厂一期循环半干法脱硫工程烟气流程如下:空气预热器→一级电除尘器→循环半干法脱硫装置→二级电除尘器→引风机→烟囱。由于当时半干法脱硫设计实际经验不足等原因,导致一期锅炉烟气脱硫系统在实际运行、检修过程中出现了如下几个问题。

- (1)循环灰给料机在线检修无法实现;
- (2)混合器齿轮箱易进灰;
- (3)电除尘器出口达标排放较困难;
- (4)石灰变频螺旋出力过大导致石灰耗量偏大。

二期工程与一期比较在锅炉容量及烟气量等参数上基本类似(二期烟气参数见表1),因此,在充分分析一期所出现问题的基础上,在二期工程中对相关设计进行了优化改进。

表1 二期空气预热器出口烟气参数

烟气量 $/(m^3 \cdot h^{-1})$	排烟温度 $/^{\circ}C$	SO ₂ 浓度 $/(mg \cdot Nm^{-3})$ 湿态	粉尘浓度 $/(g \cdot Nm^{-3})$ 湿态
315888	设计:149 最高:159 最低:139	设计:3610 最大:4000	设计:51.1 最大:70

3 一期中出现的几个问题分析及解决方案

3.1 循环灰给料机在线检修

循环灰给料机主要由变频电机、轴、叶片、壳体及进出口法兰等组成,位于混合器上方,流化底仓下方,其工作原理是通过转速的调整,均匀提供循环灰给混合器,在混合器内对循环灰加水增湿达到使烟气降温的目的,同时具有锁气的功能。由

于叶片与壳体间留有适当间隙,设备正常运行时一般不会出现卡涩,而一旦设备长时间停运后极易造成灰结露,导致循环灰给料机难以启动,另一方面,安装可能遗漏的临时角钢以及脱落的螺栓螺母等材料掉入流化底仓后随着循环灰一起进入循环灰给料机,是导致其被卡住的另一个主要原因。叶片与壳体的卡涩通常情况下只能停炉检修,不符合“三同时”原则。因此必须解决在不停炉的前提下循环灰给料机的在线检修问题。在二期工程中,我们提出了以下解决方案。

(1)在循环灰给料机进料口前增设高度为150mm的挡圈,见图2所示。

(2)在循环灰给料机上方加手动抽板阀(见图3)。

设挡圈后,由于流化风的作用是将灰保持流态化,不会将杂物吹起,杂物会被挡圈挡住,不会进入循环灰给料机,减少了系统运行时给料机被卡死的可能性。同时,在循环灰给料机上方加设手动抽板阀,一旦给料机出现故障,在锅炉运行的情况下,关闭手动抽板阀将高温灰隔断,防止流化底仓内的高温灰在设备检修时烫伤人员。通过以上改进措施的二期工程在调试运行中循环给料机故障问题明显减少,效果显著。另外,对于系统的维护,要求电厂运行人员在系统停运后继续运行流化风以及循环灰给料机,彻底排空其中的脱硫灰,并要求每天空转3~5min,进一步防止循环灰给料机被卡死的现象。

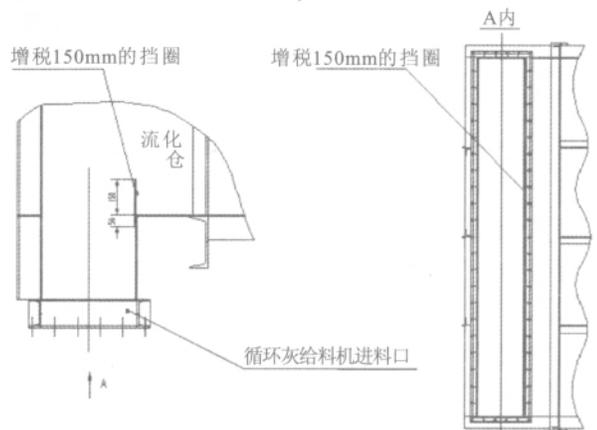


图2 增设高为150mm的挡圈

3.2 石灰消化器设计为分配器

该热电厂考虑到废物利用、节约能源等因素,利用电石渣干粉作为脱硫剂,电石渣是电石

(CaC₂)加水生成乙炔气体(C₂H₂)后遗留下工业废渣,其化学反应式如下:



根据相关测试数据表明,只要将电石渣的含水率降至 1.5% 以下,即可直接作为火电厂烟气脱硫的脱硫剂使用^[2]。一、二期工程中,均采用电石渣干燥制粉工艺系统,将电石渣干粉经过该工艺,制作成达到以上要求的脱硫剂供脱硫装置使用而不再进行单独消化。一期工程中,仍保留石灰消化器设计,使得系统相对复杂,增加了投资并使检修更加复杂。石灰消化器原作用是将常用的脱硫剂 CaO 在此设备中加水消化成 Ca(OH)₂,同时保证消化后的石灰比较均匀地进入到混合器中。经查阅大量相关资料及对多个相近设备的研究分析后,实验室中,我们取消了消化器的内部结构,同时在底部增设了流化风进气口,将复杂的消化器设计成了简单的分配器(见图 3),试验效果较满意。二期工程中,我们将这一成果进行了应用,通过分配器底部的流化风系统将消石灰在其内部均匀流化状后溢流至混合器。现场调试发现,流化风系统的配合是分配器设计的关键。通过这一改进,既简化了设备,节约了投资,同时更易于检修,对直接用电石渣作脱硫剂的脱硫工程有较大的参考价值。

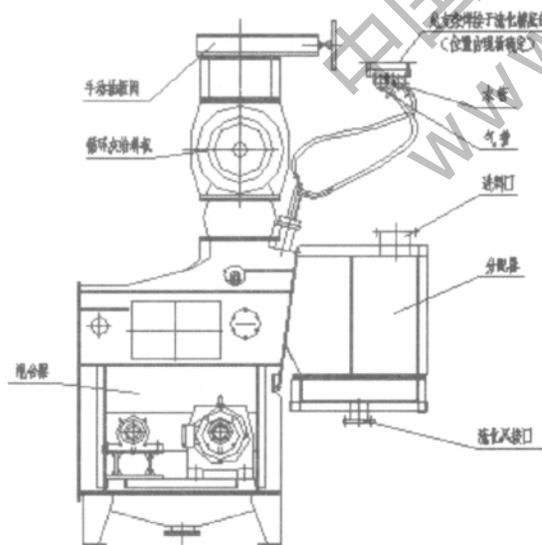


图 3 在循环灰给料机上加手动抽板阀

3.3 混合器齿轮箱进灰

混合器是循环半干法脱硫系统的核心设备之一,其工作原理为:根据控制出口烟气温度和 SO₂ 脱除效率的要求,将循环灰和刚消化完全的消石

灰及增湿水按比例加入混合器的混合区进行搅拌混合,混合的动力是以流化风使固体灰流化,增加空隙率及混合机会,然后由机械搅拌器完成两固体灰的混合。一期混合器齿轮箱紧贴在混合器壳体外表面上,运行一段时间后,由于密封件的磨损,循环灰易进入齿轮箱内部,导致齿轮磨损,影响设备的正常运行。二期工程中对混合器的设计作了较大改进,将齿轮箱与混合器壳体进行分体式设计,即搅拌齿轮箱、轴承座外置,驱动装置与搅拌轴用联轴器连接,见图 4 所示。这样既便于拆卸检修,同时有效地杜绝了齿轮箱进灰的问题,经现场运行证明效果较好。

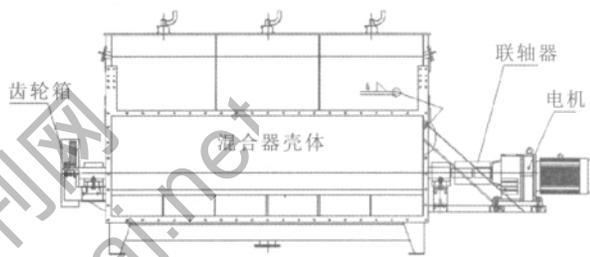


图 4 二期混合器外形

3.4 除尘器型式的选用

该电厂现二期锅炉烟气脱硫工程,二级除尘器由于循环半干法脱硫工艺的需要,循环灰量相当大,理论计算进口含尘浓度为:1 630g/m³。另一方面,最新的“火电厂大气污染物排放标准”规定了现有火电厂锅炉更加严格的排放限值的时限,取消了按除尘器类型不同排放浓度限值的做法^[3]。按新标准要求,该电厂锅炉烟尘最高允许排放浓度为 50mg/m³,考虑将来排放要求更加严格的可能性,一期与脱硫系统配套的电除尘器对达到新标准粉尘排放有一定的困难。由于经过循环半干法脱硫后烟气中超高的粉尘浓度,在二期选型时决定采用布袋除尘器,烟气流程:空气预热器→一级电除尘器→循环半干法脱硫装置→二级布袋除尘器→引风机→烟囱。

布袋除尘器具有很高的除尘效率,可达 99.98% 以上,出口粉尘一般可低于 50mg/m³,甚至可达 10mg/m³。除尘效率受粉尘的比电阻、浓度、粒度、烟气量波动影响较小,适应性强,特别是对静电除尘器不易捕集的高比电阻尘粒亦很有效。但同时,布袋除尘器的使用也存在一些弱点,如滤袋的抗高温性能、抗氧化性能较差、低温酸露点对

布袋的影响、锅炉发生水冷壁等情况下的糊袋现象等。因此,我们除了考虑滤袋材料的选择外,在设计中增设了旁路风门,并增加了布袋进口温度、湿度检测系统,一旦发现温度、湿度异常,布袋除尘器内旁路风门将自动打开,有效的保护了滤袋。并对布袋除尘器采用分室结构,在线检修时可采用打开旁路风门或隔绝一个分室进行,而不影响锅炉的运行。二期工程采用布袋除尘器后除尘效率可稳定控制在 35 mg/m^3 以内。

3.5 石灰变频螺旋出力过大

石灰变频螺旋位于石灰料仓下,上接抽板阀,下接石灰螺旋输送机,通过运转 HZ 数(转速)的调整来达到合适的石灰输送量。

其输送量计算公式: $Q=47 \Psi \cdot \beta_0 \cdot K \cdot r \cdot n \cdot D^3$,

t/h;

式中: Ψ 为物料充填系数;

D 为螺旋直径,m;

β_0 为倾斜系数;

n 为转速,r/min;

r 为物料容重,t/m³;

K 为螺旋机螺距与直径比例系数。

一期锅炉烟气脱硫工程中,一只料仓对应一条脱硫工艺线,螺旋接口为 400×700 ,螺旋进料区为变螺距设计。主要问题是根据设计计算出螺旋的输送量,一般输送量最小值为 200 kg/h ,而生产厂家根据输送量提供的产品往往出现出力偏大,从而导致脱硫剂耗量偏大。

在二期工程中,经与厂家沟通后由设计人员提供一期工程的 HZ 数与出力的对应关系,厂家根据一期参数作了设计上的有关调整:电机采用 6 极变频电机,减速比增大到 1:87,增大减速比后考虑到物料流动性,螺旋蕊管相应地加大到 89 mm ,并适当减小组合螺旋的接口尺寸等。经过调整后,二期工程石灰变频螺旋出力基本达到了脱硫系统要求。

3.6 其它

在二期锅炉烟气脱硫工程中,流化风系统中各阀门的布置需考虑操作的方便性。走梯的设计布置应考虑到各个测点的位置,尤其是料仓上抽

板阀处平台需注意抽板阀手轮方向,以方便抽板阀手轮的操作,同时需考虑变频螺旋输送机电机端伸出长度,方便人员通行。流化风各阀门、出灰锁气器、抽板阀、各挡板风门的执行机构检修平台也应合理设置。

4 性能测试

二期锅炉烟气脱硫工程经过 168h 试运行测试后,测试主要结果见表 2,指标均达到设计要求并达到国家标准。

表 2 性能测试结果

项目名称	实测参数	保证值	备注
脱硫除尘装置出口 烟气 SO_2 浓度/($\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$)	185	≤ 361	STP,干基,6% O_2
脱硫效率/%	91.35	≥ 90	
脱硫除尘系统出口 烟尘浓度/($\text{mg} \cdot \text{Nm}^{-3}$)	35	≤ 50	STP,干基,6% O_2
脱硫除尘装置出口 烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	73.2	≥ 70	
脱硫除尘装置系统总 电耗/kW	247	≥ 70	
脱硫除尘系统水耗/($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	7.75	≤ 10	
脱硫除尘系统 (Ca/S)	1.29	≤ 1.38	

5 结语

半干法脱硫工艺设计应用在燃煤电厂中,对系统进行优化设计是非常必要的,不仅能使工艺得到进一步完善,同时为系统的正常调试、运行提供了可靠保证。

总之,半干法脱硫作为一种较成熟的脱硫工艺,已在很多国家广泛应用。但要完全做到高效、稳定、经济、可靠地运行,还有许多方面值得研究和改进。

参考文献

- [1] 王乃华.新型半干法烟气脱硫的实验及机理研究[D].浙江大学学位论文集,2001.
- [2] 史红.电石渣干粉在电厂烟气脱硫工艺中的应用[J].能源工程,2003(5),P42.
- [3] GB13223-2003,火电厂大气污染物排放标准[s].